



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Kvantitativ og kvalitativ evaluering af indeklimaet i Komfort Husene

Brunsgaard, Camilla; Larsen, Tine Steen; Heiselberg, Per; Knudstrup, Mary-Ann

Published in:
Towards 2020 - Sustainable Cities and Buildings

Publication date:
2010

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Brunsgaard, C., Larsen, T. S., Heiselberg, P., & Knudstrup, M-A. (2010). Kvantitativ og kvalitativ evaluering af indeklimaet i Komfort Husene. I T. S. Larsen, & S. Pedersen (red.), *Towards 2020 - Sustainable Cities and Buildings: 3rd Nordic Passive House Conference 7-8 October 2010* Aalborg Universitetsforlag.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Kvantitativ og kvalitativ evaluering af indeklimaet i Komfort Husene

Camilla Brunsgaard^{1,*}, Tine S. Larsen¹, Per Heiselberg¹ og Mary-Ann Knudstrup²

¹Aalborg University, Department of Architectural Engineering

²Aalborg University, Department of Architecture & Design

* Korrespondance email: cb@civil.aau.dk

RESUMÉ

Paperet præsenterer resultater fra både kvalitative og kvantitative undersøgelser af indeklimaet i projektet Komfort Husene. Husene er nogle af de først certificerede passivhuse i Danmark. Den kvantitative evaluering udføres på baggrund af målinger af husenes indeklima, hvor den kvalitative evaluering udføres på baggrund af semi-strukturerede forskningsinterview med beboerne i husene. Resultaterne sammenlignes for at undersøge, om der er uoverensstemmelser mellem de to metoder, men også for at give et mere udførligt billede af indeklimaet, hvor de kvalitative interview kan bruges som årsagsforklaring af målingerne. Resultaterne viser, at både det termiske og atmosfæriske indeklima kan og skal forbedres for at beboerne oplever komfort. For at opnå dette, er det vigtigt at have indeklimaet for øje gennem hele projektet, både i skitserings-, projekterings- og udførelsesfasen. Derudover er information og oplæring af beboerne efterfølgende også vigtig.

NØGLEORD

Komfort, indeklima, enfamiliehuse, målinger, interview



Figur 1. Oversigt over de otte passivhus-certificerede Komfort Hus. Tre af disse er en del af denne undersøgelse.

INDLEDNING

Komfort Husene er nogle af de første certificerede passivhuse i Danmark (www.komforthusene.dk). Projektet består af otte forskellige enfamiliehuse, som er designet af syv forskellige konsortier. De er derfor forskellige både i form, størrelse, materialevalg osv. Formålet med dette studie er at dokumentere indeklimaet både gennem kvantitative målinger i husene, men også gennem kvalitative interviews med beboerne om deres oplevelser af indeklimaet i huset. De kvantitative målinger er en del af projekter: "Demonstration af energiforbrug og indeklima i 10 danske passivhuse" (Måleprojekt), hvor der er fokus på både energiforbrug, det termiske og atmosfæriske indeklima, dagslysforhold og det akustiske indeklima. Resultaterne i dette paper vil være baseret på tre af de otte huse, da de resterende ikke var beboet på undersøgelsestidspunktet.

METODER

Til dette studie er der anvendt både kvantitative og kvalitative metoder, som kort gennemgås i det følgende.

Kvantitative målinger af indeklimaet

Der skelnes mellem løbende målinger, som er de målinger der foretages i hele måleperioden, og spotmålinger, der foretages under enkelte besøg i huset. De løbende målinger er: Temperatur, CO₂, og relativ fugtighed (RF) – alle i værelse, stue, køkken/alrum, soveværelse og badeværelse. Spotmålingerne er: Dagslysfaktorer i stuen. Efterklangstid og støj fra anlæg i stue-køkken/alrum. I dette paper vil der kun være fokus på de løbende målinger i udvalgte rum. Enkelte spotmålinger er præsenteret på Komfort Hus Konference 1 (Komfort Hus Konference 1, 2010).

Tabel 1. Krav til temperatur og middellufthastigheder for hhv kategori A, B og C (CR 1752, 2001)

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			A	B	C
Operativ temperatur	[°C]	Sommer	24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
		Vinter	22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0
Maksimal middellufthastighed	[m/s]	Sommer	0,18	0,22	0,25
		Vinter	0,15	0,18	0,21

Det termiske og atmosfæriske indeklima vurderes ved brug af retningslinjerne opstillet i CR 1752 (CR 1752, 2001). I Komfort Husenes udbudsmateriale var der ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som komfort huse, vurderes det, at husene bør opfylde kategori B som minimum. I tabel 1 illustreres kravet til det termiske indeklima i forskellige kategorier, hvor kravet som sagt er kategori B. Husets CO₂ niveau må ikke overstige 660 ppm over det udendørs niveau (370 ppm), dvs. i alt 1030 ppm, for at opfylde kategori B (CR 1752, 2001). I forhold til den relative luftfugtighed (RF) anbefales det i CR1752, at den holdes mellem 30% og 70%. Den nedre grænse på de 30% bør overholdes, da der ellers vil opstå gener i form af tør luft, statisk elektricitet og udtørrede slimhinder. Den øvre grænse på 70% bør overholdes for at undgå problemer med fugt og skimmel i boligen.

Kvalitative interview om det oplevede indeklima

De kvalitative interviews er gennemført, som semi-strukturerede interviews, hvilket betyder at interviewer har en overordnet spørgeguide, hvor han/hun er i stand til at ændre rækkefølgen på spørgsmålene, eller stille yderligere spørgsmål til hvad der kan have betydning for undersøgelsen (Kvale, 2007). Det kvalitative forskningsinterview, er velegnet, når målet er at forstå en anden persons eller en gruppe af personens oplevelser af deres egen livsverden. Det kvalitative interview varierer fra det kvantitative interview, som f.eks. spørgeskemaer, ved at være mere fleksibelt, fordi interviewer har mulighed for at stille nye spørgsmål, der følger op på svarene. I en samtale opstår ofte nye indsigter, som kan have relevans for forskningen, som netop det kvalitative forskningsinterview muliggør (Bryman, 2008). Resultaterne fra de kvalitative interviews vil være kondenserede gengivelser fra interviewene.

RESULTATER

Resultaterne vil præsenteres i et komparativt studie mellem de kvantitative og kvalitative resultater i et parallelt forløb under hvert indeklimaområde for hhv. case 2, case 7 og case 8. Dette studie er en del af et større projekt, som indeholder flere undersøgelses felter og for at bevare en sammenhæng mellem disse studier og dette paper er case numrene bevaret, så der er mulighed for at læse andre undersøgelser og sætte disse i relation.

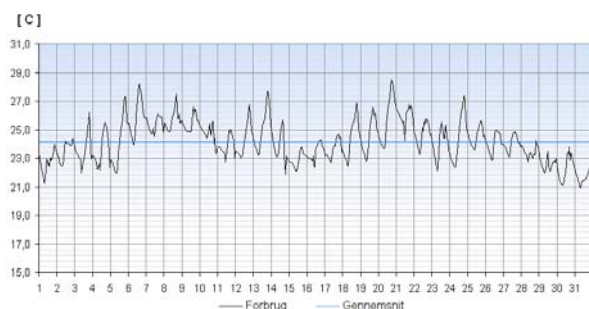
Det termiske indeklima

I de følgende tabeller opstilles de kvalitative og kvantitative resultater nedenfor hinanden.

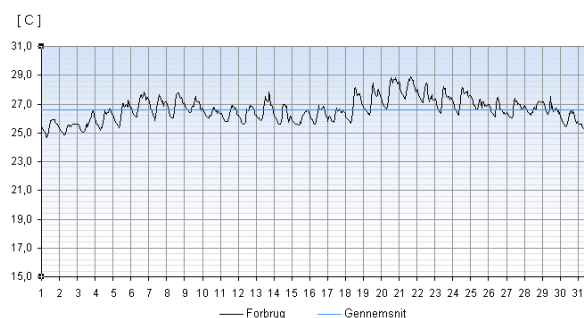
Tabel 2: Det termiske indeklima i sommerperioden.

	Case 2	Case 7	Case 8
Målinger	Tendens til overtemp. i juli og august. Kat. B opnås i ca. 65% af tiden i opholdsrummene.	Meget høje temperaturer (temp.). Gennemsnittemp. ligger i perioder på ca. 26°C. Kategori (kat.) B (minimum A+B) opnås i ca. 30% af tiden i stuen. I værelset mod syd (kontor) opnås kat. B i ca. 45% af tiden, hvor soveværelse mod nordvest opnår kat. B i ca. 70% af tiden.	Tendens til overtemp. i juli og august. Kat. B opnås i ca. 70% af tiden i opholdsrummene.
Interviews	De oplever, at der er for varmt i huset. De har sat indvendig solafskærmning op og prøver at løse det med naturlig vent. og ved at gå rundt i meget let påklædning.	De synes der er meget varmt. De forsøger at løse problemet med naturlig ventilation (vent.), men det hjælper kun lidt, så de har tænkt på at installere en aircondition. De oplever at varmen flytter sig med solen, hvilket betyder, at der er meget varmt i soveværelset og børneværelset når de skal sove. De tør af sikkerhedsmæssige årsager ikke at lade vinduerne være åbne i datterens værelse, når hun skal sove.	De oplever, at der er for varmt i huset. De har sat gardiner op, men synes ikke det hjælper. De synes ikke den naturlige vent. virker godt nok. Vinduerne har problemer med at forblive åbne, pga. låsemekanisme. Derudover kan vinduerne ikke stå åbne i det antal timer som projekteret pga. tyverisikring. Når ingenting hjalp, gik de ud i garagen.

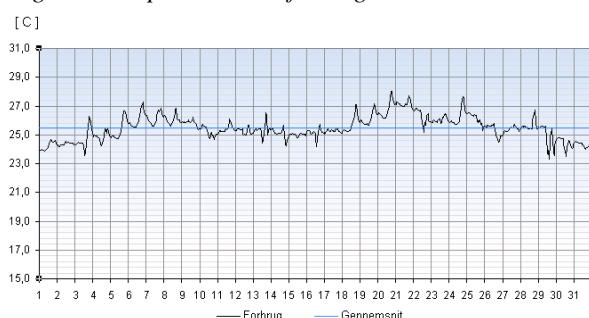
Målingerne i alle tre cases viser at der er en tendens til overtemperaturer om sommeren, hvor case 7 dog i upræget grad ikke opfylder komfort kravene opstillet i undersøgelsen, ses også ved sammenligning af figur 2 og 3. Beboernes udtalelser bekræfter også at der er for varmt.



Figur 2. Temperatur kurve for august i stuen i case 2.



Figur 3. Temperatur kurve for august i stuen i case 7.



Figur 4. Temperatur kurve for august i soveværelse i case 7.

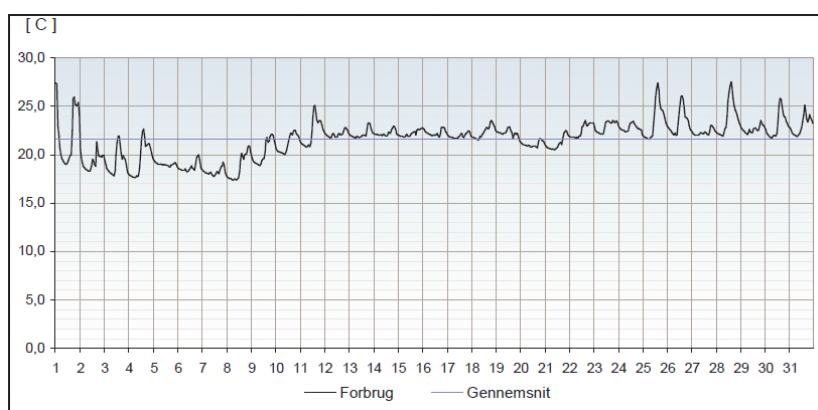
At der i case 7 er væsentlig bedre komfort i soveværelset (vestvendt) end resten af huset, kan hænge sammen med at der udsuges fra badeværelset, som grænser op til soveværelset og at orienteringen er mod nordvest og får først sol om eftermiddagen og aftenen, så perioden med høje temperaturer er kortere, hvilket også ses ved sammenligning af figur 3 og 4.

Derudover kan naturlig ventilation i løbet af dagen også have indflydelse på temperaturen. Sammenlignes det med beboernes beskrivelse af deres adfærd (de åbner sjældent vinduerne i børneværelset pga. barnets sikkerhed når hun skal sove), fortæller dette netop, at de nok anvender naturlig ventilation i soveværelset, som også bidrager til det forbedrede indeklima.

Tabel 3: Det termiske indeklima i vinterperioden.

	Case 2	Case 7	Case 8
Målinger	Temp. falder i takt med udetemp. Kat. B opnås i 62% af tiden i december – værelset kun 13% af tiden! Problem blev afhjulpnet i januar 2010 med el-radiator i stuen på 500W (midlertidigt), derefter opnås kat. B i 97% af tiden.	Kan holde en temp. på 20°C i stuen, men et par grader lavere i værelserne. Januar og februar er der i morgentimerne lige under 20°C. I januar opnås 63 % af tiden kat. B og i februar opnås dette i 74% af tiden.	Temp. ligger i den kolde ende. Faldende udetemp. ses direkte på indetemp. Laveste temp. 19°C. Kat. B opnået i 70-80% af tiden. Efter teknikkertilsyn ligger temp. i kat. B over 90 % af tiden.
Interviews	De har svært ved at holde varmen når solen ikke skinner. Temp. er ofte nede på 17°C, så de har gået med ski-undertøj og hjemmesko. Efter installation af radiator oplever de ingen problemer med at holde varmen.	De synes der kan være lidt koldt, de kan ikke få mere end 20°C i huset, når der er overskyet. Det er for koldt at gå rundt i T-shirt som de plejer (heller ikke standard påklædning om vinteren). De synes det er dejligt når solen skinner, så stiger temp. 2-3°C. De oplever datterens værelse som koldere end soveværelset. De vil gerne kunne regulere temperaturen.	I starten havde de 19-21°C, som de synes var for koldt, men efter at de har haft service på anlægget er de kommet op på 23°C. Beboerne savner en bedre styring af det termiske indeklima. De oplever at der lidt fodkoldt især på klinkerne i entréen.

I vinterperioden ses det at alle tre cases synes det er for koldt i huset, som målingerne også viser. I case 2 og 8 har tekniske justeringer medført et væsentligt bedre termisk indeklima både målt og oplevet. Årsagerne til behovet for justeringer er af forskellige karakter. Det er både projekteringsmæssige forkerte valg og installationstekniske fejl i udførelsen, som har resulteret i utilfredsstillende indeklima.



Figur 5. Det ses på temperaturkurven at rumtemperaturen i case 2 ligger omkring 22°C efter den ekstra varmekilde blev tilsluttet d. 8. januar.

Det atmosfæriske indeklima – CO₂ niveau og relativ fugtighed (RF)

I tabel 4 ses det at der ingen problemer er med CO₂-niveauet i sommer perioden, hvorimod CO₂-niveauet om vinteren i case 2 og 8 stiger, så de kun opfylder kat. B i 60-70% af tiden. Beboernes oplevelse af CO₂ niveauet kommer til udtryk ved *oplevelsen af tung luft* og det giver case 8 kun udtryk for at opleve, når de har været 5-6 personer i huset i en periode. Derudover udtrykker case 8 en generel utilfredshed og utilpashed omkring effektiviteten af ventilation. Dog skal det tilføjes, at husets beboere er rygere. Umiddelbart kan man tro der er en sammenhæng i case 1 mellem den brugervenlighed, som beboeren udtrykker der er ved at kunne sætte luftskiftet op ved blot at trykke på én knap, og den lave CO₂-niveau, der er registreret det meste af året, men målinger viser at knappen kun anvendes sjældent. I stedet er der sandsynligvis et lavt CO₂-niveau, fordi der kun er tre beboere, hvoraf den ene er et lille barn.

I forhold til måling af RF ses det, at alle cases har det for tørt i vinterperioden. Det er forventeligt at luften vil blive tør, da udetemperaturen i perioden har været meget lav og derved vil bidrage til tør luft indendørs. Beboerne giver umiddelbart ikke udtryk for at opleve at der er for tørt, men emnet får heller ikke så meget fokus i interviewet.

Tabel 4: Det atmosfæriske indeklima CO₂ og RF i sommer og vinterperioden.

	Case 2	Case 7	Case 8
Målinger	<p>Om sommeren ligger CO₂-niveauet hovedsageligt i kat. A og B, hvor der i dec. blev registreret højt CO₂ – niveau, kat. B i ca. 40% af tiden. I jan. ændres anlægget fra at køre på trin 2- 3 og CO₂ niveauet ligger derefter i kat. B i 60% af tiden.</p> <p>Der er ingen problemer med fugt i sommerperioden, men i jan. og feb. ligger RF under 30% i ca. 70% af tiden.</p>	<p>CO₂-koncentrationen ligger fint hele året, dog enkelte højere koncentrationer (max 1400).</p> <p>Der er ingen problemer med RF om sommeren, men er under 30% i jan. og feb. i 80-95% af tiden.</p>	<p>CO₂-niveauet ligger om sommeren i kat. A i 95% af tiden, hvor det om vinteren ligger på niveau B i 60-70% af tiden, dog på 90% af tiden i køkkenet.</p> <p>Ingen problemer med luftfugtigheden om sommeren, hvor den tværtimod ligger under de problematiske 30% i 90% af tiden om vinteren.</p>
Interviews	<p>De synes luften kan være tør om vinteren, så derfor sover de ofte med åbne vinduer om natten (luften bliver blot mere tør ved større luftskifte), ellers er de tilfredse med luftkvaliteten. De lugter dog ud om morgenen, fordi de synes der er behov for det (Det vides dog ikke om de fortsætter efter at luftskiftet blev sat op).</p>	<p>De synes luften er frisk og sund og slet ikke fugtig eller tung. De synes det er dejligt at leve med et mekanisk ventilations anlæg, for så behøver de ikke åbne vinduerne, som de gjorde tidligere, og de føler heller ikke der er tidspunkter, hvor de har haft behov for det. Tidligere kunne de lugte, at de skulle åbne vinduerne om morgenen. De bruger nogle gange ventilationssystemet aktivt, f.eks. når hun laver meget mad og har gæster kan hun finde på at skrue op. Hun synes det er meget nemt, for hun skal bare trykke på en knap og luftskiftet er højere i en time. Efter en time kan hun trykke på knappen igen.</p>	<p>De synes ikke luften i huset er tung, hvis der kun er en person hjemme, men er de 5-6 voksne så er luften tung i løbet af et par timer. De vil gerne have et højt luftskifte, det skal være sådan at de ikke kan se eller lugte at der bliver røget i huset (For at undgå dette skal luftskiftet være ti gange større). De har en følelse af at anlægget ikke kører rigtigt, de nævner at de synes de har været mere syge og at der er meget støvet og næsen stopper til. Deres forklaringsårsager er, at der ikke er en indblæsning og udsugning i hvert rum, så derfor bliver den beskidte luft ikke suget ud (Dette vil dog være imod principperne i traditionel bolig ventilation). De supplerer med, at de tror at luften der bliver suget ud i køkkenet kommer fra utætheder i hoveddøren og ikke luft fra rummene.</p>

DISKUSSION

Både de kvalitative og kvantitative resultater viser, at det ikke er helt problemfrit at bo i et passivhus (Komfort Hus). Det termiske indeklima afhænger i høj grad af de passive og aktive tiltag i husene. F.eks. vides det fra tidligere undersøgelser af designprocessen (Brunsgaard, 2009 og Brunsgaard, C. et al., 2009) at ingen af konsortierne bag husene har lavet en dynamisk simulering for at undersøge risikoen for overtemperaturer i sommerperioden. Hvis disse var udført, var der muligvis taget andre eller flere valg i forhold til afskæmning og/eller køling af huset i skitserings- og projekteringsfasen, og det termiske indeklima om sommeren ville have set anderledes ud. At nogle beboere har haft det for koldt hænger primært sammen med de aktive tiltag – varmeinstallationen (ventilationsanlægget). For at undgå problemer skal der i høj grad være fokus på dette både i projekteringsfasen når systemet dimensioneres og planlægges, men også under selve installationen, hvor den udførende skal være klar over, at det måske skal laves anderledes end tidligere. Derudover er indeklimaet (og energiforbruget) også enormt afhængig af om beboerne har den fornødne viden til at ”opføre sig korrekt” i et passivhus. Flere hverdagspraksisser kan være ”ødelæggende” for idéen med passivhuse. F.eks. udluftning med døre og vinduer om vinteren eller at skrue ned (eller helt slukke) for ventilationsanlægget. I dette projekt har beboerne modtaget meget begrænset information om

hvad det vil sige at bo i et passivhus. Hvad er tilladt, og ikke tilladt og hvilke konsekvenser har forskellige handlinger på indeklimaet og energiforbruget?

For at forbedre det atmosfæriske indeklima er justeringerne egentlig ikke så store. CO₂-niveauet kan bringes ned ved blot at lave nogle løsninger der har en brugervenlighed, så alle kan forstå det. Det skal være hurtigt og nemt at betjene, som det ses i case 1, med tryk på én knap når der er gæster og luftskiftet bliver højere i en time. Eller måske burde anlægget regulere helt automatisk. I forhold til den meget lave luftfugtighed om vinteren kan det være svært at gøre nogen vha. sænkning af ventilationsmængderne, så det ikke går udover andre forhold, som f.eks. CO₂-niveauet. I stedet kunne beboerne købe flere planter og/eller tørre vasketøj inden døre, så luften får tilført mere fugt.

Generelt set stemmer beboernes oplevelser fint overens med målingerne af indeklimaet. Det skal dog siges i den sammenhæng, at beboernes oplevelser kan være påvirket af måleudstyret, som er placeret på væggene i højden 160 cm fra gulvet og derfor meget tydelig. Måleren har et display som viser de aktuelle måledata. F.eks. kan man forestille sig, at hvis beboeren aflæser 19,5°C på måleren bliver beboeren opmærksom på at temperaturen er under 20°C og vil måske derfor føle at han/hun fryser, selvom det ikke er tilfældet. Trods dette, er beboernes udtalelser alligevel vigtige for at få et mere udførligt billede af indeklimaet, idet målinger som oftest kun forklare *hvordan* situationen er, hvor interviewene kan forklare *hvorfor* det er, som det er.

KONKLUSIONER

Denne undersøgelse viser at det er enormt vigtigt, at der tages hensyn til komforten hele vejen gennem tilblivelsen af huset, for at opnå komfortable passivhuse. I projekteringen skal der laves de nødvendige beregninger og simuleringer, under udførelsen skal de udførende have den fornødne viden til at kunne udføre tingene korrekt. Sidst, men ikke mindst, er det vigtigt at brugerne får en overordnet forståelse af hvilke konsekvenser forskellige handlinger kan have på indeklimaet og i sidste ende også på energiforbruget.

ANERKENDELSE

Målingerne stammer fra måleprojektet "Demonstration af energiforbrug og indeklima i 10 danske passivhuse", som er støttet af Realdania. De kvalitative interviews er en del af ph.d. afhandlingen "Understanding of Danish Passive Houses based on Pilot Project Comfort Houses", som er støtte af Saint-Gobain Isover Scandinavia.

KILDEANGIVELSER

- Brunsgaard, C. 2009. *Interviewrapport om designprocesserne bag KOMFORT HUSENE*. Aalborg : Aalborg Universitet. Institut for Byggeri og Anlæg. (DCE Technical Reports; 77).
- Brunsgaard, C. et al. 2009. Experiences from the Design Processes of the First "Comfort Houses" in Denmark, *Passivhus Norden 2009*. Passivhus Norden.
- Bryman, A. 2008. *Social Research Methods*. Third edition, Oxford University Press, Oxford.
- BR08, 2008. *Bygningsreglement 2008*, <http://www.ebst.dk/br08.dk>
- DS/EN/CR 1752. 2001. *Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*, Dansk standard, Denmark.
- DS 490. 2007. *Lydklassifikation af boliger*, Dansk standard, Denmark.
- Komfort Husene, <http://www.komforthusene.dk/>
- Kvale, S. 1997. *InterView: en introduktion til det kvalitative forskningsinterview*, Hans Reitzel, Copenhagen, Denmark.
- Måleprojekt: *Demonstration af energiforbrug og indeklima i 10 danske passivhuse*: http://vbn.aau.dk/da/projects/demonstration-af-energiforbrug-og-indeklima-i-10-danske-passivhuse_10c960c0-db35-4bcc-a141-34f77dac9aae.html
- Komfort Hus Conference 1, 2010: *Præsentationen af "Måleprojektet"*: <http://www.komforthusene.dk/projektet/konference/konference+aalborg>